

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

RM
PN - J04028180-A 92.01.29 (9211) JP
TI - Mfg. quantum effect IC device - by, controlling dosage of electron beam to continuously change etching rate to form atomic steps NoAbstract Dwg 1a/2
PA - (NIDE) NEC CORP

Please ignore strikeouts li.

-2-

PN - DD-294565-A 91.10.02 (9210)
TI - Imaging of surface atomic structure of single crystalline silicon - using coating with thickness of less than monolayer, capable of forming superstructure
PA - (FEST-) INST FESTKORP ELEKT; (DEAK) AKAD DER WISSENSCHAFTEN
AB - (DD-294565)

The surface relief of a single crystalline Si surface is shown on an atomic scale after coating the surface with foreign atoms. The quantity used, pref. based on the phase diagram for the foreign atom with Si, is such that super structures are formed at atomic steps which show a different brightness compared with a smooth surface. The bright/dark contrast can be shown in a conventional secondary emission electron microscope (SEM). The coating is applied by evapn. under ultra high vacuum (UHV) and consists of a metal, alloy, element or combinations of these.

Pref. is the use of 0.75 monolayers of Au on a (111) Si surface

December 21, 1992 1:42pm Page 2

applied at 450-500 deg.C in UHV and imaging is carried out in a conventional SEM.

USE/ADVANTAGE - The method allows the relief on a Si surface to be shown using much simpler techniques than currently in use, including imaging in conventional electron microscopes. The method is used for the visualisation of surface roughness of Si surfaces in the mfr. of layer systems for use in micro-electronics. (5pp Dwg.No.2/2)

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-26160

⑬ Int. Cl.⁹

H 01 L 29/06
21/20
21/302

識別記号

庁内整理番号

Z

7735-4M
7739-4M
8122-4M

⑭ 公開 平成4年(1992)1月29日

審査請求 未請求 請求項の枚数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 縦型超格子の製造方法

⑯ 特 願 平2-131787

⑰ 出 願 平2(1990)5月22日

⑱ 発 明 者 高 宣 宜 和 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

発明の名称 縦型超格子の製造方法

特許請求の範囲

原子スタンプを有する半導体基板表面上に前記原子スタンプ方向に組成の異なる半導体を積層する縦型超格子の製造方法に於て、前記原子スタンプをマスクレスエッチングによって形成しかつ前記マスクレスエッチング量を半導体基板表面内で変化させて同一基板内で間隔が異なる前記原子スタンプを形成した半導体基板を用いることを特徴とする縦型超格子の製造方法。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は量子効果デバイスの製造方法に関する。

(従来の技術)

下地結晶として斜め研磨で作られた半導体傾斜基板を用いて、この基板表面の原子スタンプを利

用して横方向に組成を制御して形成されるいわゆる縦型超格子は、基板の傾斜角度によって決まる10nm以下の立体構造が半導体結晶内に作製できるため量子細線や量子箱への発展が期待されている。このような縦型超格子の製造方法の第一の従来例として超高真空中でⅢ族元素とⅤ族元素を交互に供給するマイグレーション・エンハンスド・エピタキシー法(MEE法)で作製した例がジャーナル・オブ・ヴァキュームサイエンスアンドテクノロジー誌B6巻4号1988年1378-1381頁(Journal of Vacuum Science & Technology B6(4) 1988 P1378-1381)に報告されている。また第二の従来例として有機金属気相成長法(MOCVD法)で作製した例がジャーナル・オブ・ヴァキュームサイエンスアンドテクノロジー誌B6巻4号1988年1373-1377頁(Journal of Vacuum Science & Technology B6(4) 1988 P1373-1377)に報告されている。

特に後者の場合には[110]方向に1.0°オフしたGaAs(001)基板上に(AlAs)_{1/2}(GaAs)_{1/2}からなる縦型超格子の作製を試み、X線回折及び透過型電子

(TEM)像観察により16nm程度の周期を有する縦型超格子の形成を確認している。

(発明が解決しようとする課題)

従来例では、斜め研磨によって作られた傾斜基板を用いるため原子ステップの間隔が基板面内で一定であり、同一基板内でこの原子ステップの間隔で決まる縦型超格子の周期は一定である。従って複数の周期を持つ縦型超格子を同一基板内に作製することは困難である。

本発明の目的は、2次元グレイティング構造つまり複数の周期を持つ縦型超格子の製造方法を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明による縦型超格子の製造方法は、原子ステップを有する半導体基板表面上に前記原子ステップ方向に組成の異なる半導体を積層する縦型超格子の製造方法に於て、前記原子ステップをマスクレスエッチングによって形成しかつ前記マスクレスエッチング量を半導体基板表面内で変化させて同一基板内に間隔が異なる前記原子ステップ

を形成した半導体基板を用いることを特徴とする。エッチング量をビームのドーズ量により制御し、エッチング量の変化の傾きを変えることで、基板の原子ステップ間隔を変化させることを特徴とする。

(作用)

電子ビームや集束イオンビームと媒質等の反応性ガスの組合せによる半導体のマスクレスエッチングにおいて、電子ビームや集束イオンビームのドーズ量を制御してエッチング量を連続的に変化させることにより原子ステップの形成が可能である。さらにこのエッチング量の変化の傾きを変えることにより、原子ステップの間隔を同一基板面内で変化させることが可能である。このようなマスクレスエッチングによって形成した同一基板面内で間隔の異なる原子ステップを有する半導体基板上に、MEE法やMOCVD法等を用いたステップフロー成長を行う事によって、原子ステップ間隔で決まる周期が同一基板内で異なる縦型超格子が形成できる。従って本発明によれば、従来の斜め

研磨によって作られた傾斜基板を用いた場合には作製困難な2次元グレイティング構造が得られる。

(実施例)

以下、図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は本発明の一実施例を説明する縦型超格子の製造方法の工程説明図である。第1図(a)において、基板温度65°CのGaAs(001)基板10上にガス圧 1×10^{-6} Torrの塩素ガス(Cl₂)12を供給しながら5.6KeVの電子ビーム(e⁻)11をラスタ走査して、マスクレスエッチングを行った。このラスタ走査の水平走査方向13は[110]方向、垂直走査方向14は[110]とした。この時第1図(b)において、前記GaAs基板10上で[110]方向に電子ビームのドーズ量を $1 \mu\text{m}$ あたり0から $3.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ へ変化させて前記マスクレスエッチングを行い、傾き0.5°の傾斜面に対応する320Å間隔の原子ステップ18を形成した。次に電子ビームのドーズ量を $1 \mu\text{m}$ あたり0から $9.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ へ変化させて同様なマスクレスエッチングを行い、傾き1.0°の傾斜面に対応する160Å間

隔の原子ステップ19を同一基板10の面内に形成した。さらに電子ビームのドーズ量を $1 \mu\text{m}$ あたり0から $2.6 \times 10^{17} \text{cm}^{-2}$ へ変化させて同様なマスクレスエッチングを行い、傾き2.0°の傾斜面に対応する80Å間隔の原子ステップ20を同一基板10の面内に形成した。この異なる間隔の原子ステップを設けたGaAs基板に基板温度450°Cで[110]方向から20eVの水素プラズマビームを1時間照射し、ステップ、テラスの平坦化を行った。次に水素プラズマビームを照射したまま基板温度を400°Cまで降温し、水素プラズマビームを切ると同時にIII族元素とV族元素を交互に基板に照射するマイグレーション・エンハンスド・エピタキシー法(MEE法)によりGaAsバッファ層を500Å成長し、ステップの均一化を行った。次にMEE法により成長速度0.5Å/secでAlAsを1/2原子層、次いで0.5Å/secでGaAsを1/2原子層をそれぞれ積層した。これを繰り返して第1図(c)に示すように層厚1.0μm、その周期が320Å、160Å、80Åの(AlAs)_{1/2}(GaAs)_{1/2}縦型超格子を同一基板10

に作製した。尚、ステップでないところには混晶層17が形成された。

本発明のマイクロエッチングでは、電子ビームのドーズ量の制御方法として走査速度、走査回数を変化させる方法があるが、本実施例では走査回数を変化させてドーズ量を制御した。他の方法でも同様に効果がある。

本実施例ではAlAsとGaAsの成長の周期 m, n を $1/2$ 原子層ずつにしたが $m+n=1$ を満たせば $1/2$ の原子層以外でもよい。

本実施例ではGaAs系のAlAs, GaAsによる縦型超格子を作製したが、InP系その他の材料系でも実現できる。

また本実施例では半導体基板として(001)面を用いたが、他の面方位を用いても良い。

(発明の効果)

本発明による縦型超格子の製造方法はマスクレスエッチングにより原子ステップの間隔を同一基板面内で変化させることが可能なため縦型超格子

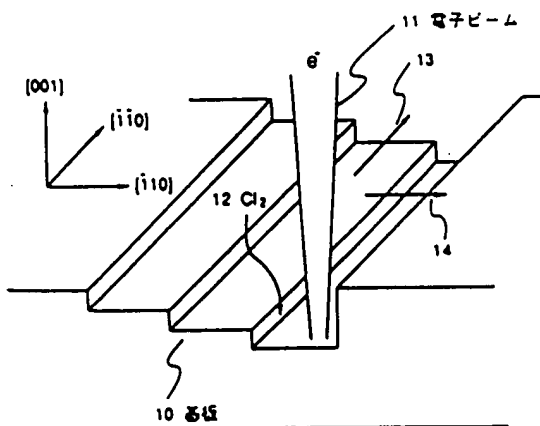
の周期が同一基板内で異なる2次元グレーティング構造が作製できる。

図面の簡単な説明

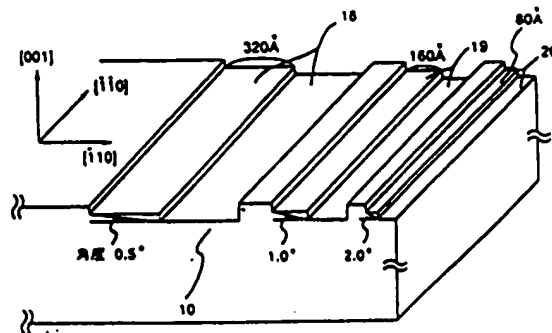
第1図(a)(b)(c)は本発明の一実施例を説明する縦型超格子の製造方法の工程説明図である。第1図(a), (b)は斜視図、(c)は断面図である。

10…GaAs(001)基板、11…電子ビーム、12…塩素ガス、13…電子ビームの水平走査方向、14…電子ビームの垂直走査方向、16…GaAs超格子、17… $(\text{AlAs})_{1/2}(\text{GaAs})_{1/2}$ 混晶層、18, 19, 20…ステップ。

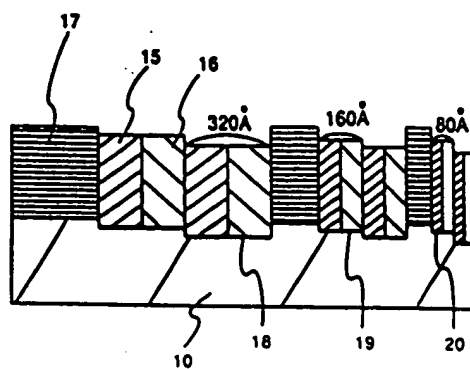
代理人 弁理士 内原 晋



第1図 (a)



第1図 (b)



第 1 図 (c)